

заряда через тонкую пластинку. В энергетической области мягкого рентгеновского излучения, вблизи краев фотопоглощения вещества радиатора, реальная часть диэлектрической проницаемости может превышать единицу, и, как следствие, критерий Тамма-Франка будет выполняться. Таким образом, одновременно будет генерироваться два типа поляризационного излучения: переходное излучение и излучение Вавилова-Черенкова. В этом докладе мы представляем результаты теоретического исследования спектральных характеристик поляризационного излучения для двух случаев, когда критерий Тамма-Франка реализуется и не выполняется. В рамках представленной работы мы проанализировали влияние толщины и угла наклона радиатора на спектр возникающего излучения. Для описания свойств поляризационного излучения и комплексной диэлектрической проницаемости мы использовали метод поляризационных токов [1] и модель Хенке [2], соответственно.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00385 мол\_а.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карловец Д.В. К теории поляризационного излучения в средах с резкими границами // ЖЭТФ. – 2011. – Т.113. – вып. 1 (7). – С. 36–55.
2. Henke B.L., Gullikson E.M., Davis J.C. X-ray Interactions: Photoabsorption, Scattering, Transmission, and Reflection at  $E=50\text{--}30,000$  eV,  $Z=1\text{--}92$  // Atomic Data and Nuclear Data Tables. – 1993. – Vol. 54. – Issue 2. – P. 181-342.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ ПЛАЗМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА

Р.Б. Шишкин, В.М. Павлов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [rbs2@tpu.ru](mailto:rbs2@tpu.ru)

Система управления плазмой ТОКАМАКа является совокупностью большого числа подсистем, представляющих собой контуры управления плазменными процессами (форма, ток, положение плазмы и т.д.). В ТОКАМАКе КТМ плазма имеет D-образную форму, вытянутую по вертикали. Стабилизация положения плазмы вертикали является сложной задачей, для её решения требуется обеспечить высокую точность и быстродействие системы управления [1].

В настоящее время существует возможность использования компьютерного моделирования с применением методов управления объектам и обработки информации, не используемых ранее, таких как нейронные сети и нечеткая логика. На данный момент уже существуют примеры успешного применения механизмов нечеткого вывода в системах управления плазмой [2, 3].

В рамках данной работы было проведено моделирование работы системы управления вертикальным положением плазмы с использованием в ней нечеткого регулятора на основе алгоритма Мамдани. Моделирование было проведено в среде графического моделирования SIMULINK с использованием встроенных средств реализации нечетких регуляторов. В дополнение был написан программный код на языке Си, реализующий нечеткий регулятор подобно реализации в Fuzzy Logic Toolbox – расширения к MATLAB.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Соглашение № 075-11-2019-013 от «11» октября 2019 г. Идентификатор проекта RFMEFI58519X0007.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.М. Павлов, А.В. Обходский, Ю.Н. Голобоков, А.В. Овчинников. Система управления плазмой. – М.: Издательство Томского политехнического университета, 2008. – 9 с.
2. Морелли Д.Э., Хиросе А., Вуд Х.С. Плазменный регулятор положения на основе нечеткой логики для STOR-M // TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY. – 2005. – Т.13. – № 5.
3. Суратия П., Патель Д., Раджпал Р., Котия С., Говиндараджан Д. Нечеткий регулятор на базе ПЛИС для управления положением плазмы в токамаке ADITYA // Fusion Engineering and Design. – 2012. – № 87. – С. 1866–1871.

### РАЗРАБОТКА БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ КАБЕЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Li Hongda<sup>1,2</sup>, С.А. Сосновский<sup>3</sup>, С.В. Тюрин<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Shenyang ligong university, China, Shenyang, 6 Nanping Middle Rd, Hunnan Qu, Shenyang Shi, 110168

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет,  
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 36, 634050

<sup>4</sup>ООО НПК "Авиор",  
Россия, г.Томск, ул. Бакунина, 26, Томск, 634003

[ssa777@mail.ru](mailto:ssa777@mail.ru)

Экономическая потребность в относительно недорогой электроэнергии в России, а также за рубежом в настоящее время постоянно увеличивается. В связи с этим строительство новых атомных станций, как одного из основных источников энергии является приоритетным в России. В настоящее время в Российской Федерации работает 38 энергоблоков АЭС общей мощностью 30 ГВт. Одним из важнейших элементов в системе ядерного реактора являются кабельная система. Актуальным является разработка теоретических моделей, методик и конструкций кабельных изделий, отличающихся повышенной надежностью, отвечающим всем современным критериям безопасности. Многочисленными исследованиями показано, что это может быть достигнуто с помощью создания новых методов контроля кабельных изделий при их производстве. Таким образом, в настоящее время, в связи с повышением уровня требований к безопасности атомных станций, разработка кабельных изделий повышенной надежности является актуальной задачей. Способ реализуется следующим образом. Через отверстие, выполненное по центру в корпусе устройства для бесконтактного измерения смещения токоведущего проводника, протягивается кабель, содержащий токоведущий проводник (жилу). При этом в памяти устройства после проведения калибровки хранятся электромагнитные координаты минимума неизолированной жилы. При помощи индуктора на токоведущий проводник наводится ток заданной частоты и формы. Осуществляя циклическое колебательное движение измерительной системы, относительно проходящего в измеряемой зоне кабеля происходит синхронное снятие показаний уровня напряжения с электромагнитных датчиков и соответствующих этим показаниям координат положения кабеля в измеряемой зоне. Из определенных электромагнитных координат минимума